

### III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

Publication number: JP2000036619

Publication date: 2000-02-02

Inventor: KAMIMURA TOSHIYA

Applicant: TOYODA GOSEI KK

Classification:

- international: H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00

- european:

Application number: JP19990056357 19990304

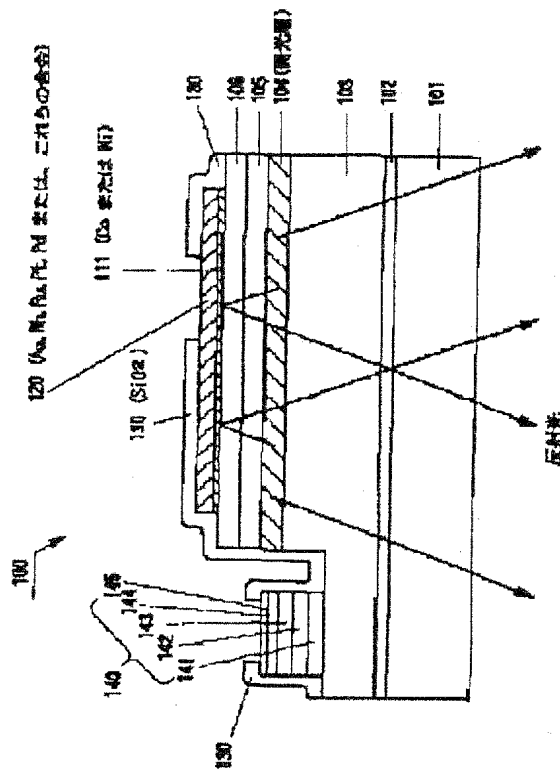
Priority number(s): JP19990056357 19990304; JP19980150532 19980513

Report a data error here

#### Abstract of JP2000036619

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain high luminous intensity and a low drive voltage by forming a positive electrode of an alloy containing at least one type or more of silver, rhodium, ruthenium, platinum, and palladium.

**SOLUTION:** A buffer layer 102, a high carrier concentration n+ type layer 103 and a multiple quantum well structure light emitting layer 104 are formed on a sapphire substrate 101, P type layers 105, 106 and a first thin film metal layer 111 of metal vapor deposition are formed thereon, and a negative electrode 140 is formed on the layer 103. In this case, the layer 111 is constituted of a metal layer connected to the layer 106. A positive electrode 120 is formed of a metal layer made of an alloy containing silver, rhodium, ruthenium, platinum and palladium or one or more types of them. Vanadium layer 141, 143, an aluminum layer 142, a nickel layer 144 and a gold layer 145 are sequentially laminated from on a partial exposure part of the layer 103 on the electrode 140 of a multilayer structure. When these metals are formed of the metal layer containing one or more types, its light emitting intensity can be improved by about 10 to 50%.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-36619

(P2000-36619A)

(43) 公開日 平成12年2月2日(2000.2.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テーマコード(参考)

C

E

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-56357

(22) 出願日 平成11年3月4日(1999.3.4)

(31) 優先権主張番号 特願平10-150532

(32) 優先日 平成10年5月13日(1998.5.13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地

(72) 発明者 上村 俊也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1  
番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 100087723

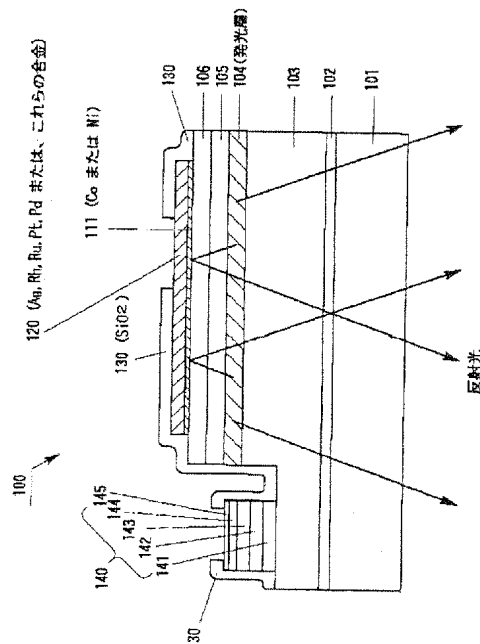
弁理士 藤谷 修

(54) 【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 高光度、低駆動電圧の半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 フリップチップ型の III族窒化物系化合物半導体発光素子において、p型半導体層に接続され、光をサファイア基板側へ反射する厚膜正電極を銀 (Ag)、ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、または、これらの合金より形成する。これにより、高反射率、低接触抵抗の正電極が得られる。p型半導体層と厚膜正電極との間に、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、または、これらの合金より成る第1薄膜金属層を備えれば、上記のコンタクト層に厚膜正電極をより強固に接続できる。第1薄膜金属層の膜厚は、2 Å以上、200 Å以下であれば効果を発揮し、より望ましくは、5 Å以上、50 Å以下がよい。金 (Au) より成る第2薄膜金属層を更に備えれば、厚膜正電極を更により強固に接続できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に III族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子において、  
p型半導体層に接続され、光を基板側へ反射する正電極を銀 (Ag)、ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、白金 (Pt)、パラジウム (Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成したことを特徴とする III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記正電極は、  
複数の種類の金属より形成された多層構造を有することを特徴とする請求項1に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記p型半導体層と前記正電極との間に、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る第1薄膜金属層を備えたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 前記第1薄膜金属層の膜厚は、2 Å以上、200 Å以下であることを特徴とする請求項3に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記第1薄膜金属層と前記正電極との間に、金 (Au) または金 (Au) を含んだ合金より成る第2薄膜金属層を備えたことを特徴とする請求項3または請求項4に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記第2薄膜金属層の膜厚は、10 Å以上、500 Å以下であることを特徴とする請求項5に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項7】 前記正電極の膜厚、又は、  
前記基板に最も近い、前記多層構造の最下位層を構成する正電極第1層の膜厚が、0.01~5 μmであることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項8】 前記正電極、又は、前記正電極第1層の上に金 (Au) から成る正電極第2層を形成したことを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項9】 前記正電極第2層の膜厚が、0.1~5 μmであることを特徴とする請求項8に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項10】 前記正電極、前記正電極第1層、又は、前記正電極第2層の上にチタン (Ti)、クロム (Cr)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金から成る正電極第3層を形成したことを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれか1項に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項11】 前記正電極第3層の膜厚が、5~1000

Åであることを特徴とする請求項10に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項12】 前記正電極は、  
ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成り、かつ、  
前記p型半導体層に直接接合されていることを特徴とする請求項1に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

10 【請求項13】 前記多層構造は、  
ロジウム (Rh)、ルテニウム (Ru)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成された正電極第1層と、  
前記正電極第1層の上に直接積層される、金 (Au) より形成された正電極第2層と、  
前記正電極第2層の上に直接積層される、チタン (Ti)、クロム (Cr)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成された正電極第3層の3層より成る3層構造であり、

20 前記正電極第1層は、前記p型半導体層に直接接合されていることを特徴とする請求項2、請求項10又は請求項11に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項14】 前記正電極第1層の膜厚は、0.02~2 μmであり、

前記正電極第2層の膜厚は、0.2~3 μmであり、かつ、  
前記正電極第3層の膜厚は、10~500 Åであることを特徴とする請求項10又は請求項13に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

30 【請求項15】 前記正電極第3層の上に、酸化珪素 (SiO<sub>2</sub>)、窒化珪素 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)、チタン化合物 (Ti<sub>x</sub>N<sub>y</sub> 等)、或いは、ポリイミドなどから成る絶縁性保護膜が、直接積層されていることを特徴とする請求項10、請求項11、請求項13又は請求項14に記載の III族窒化物系化合物半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

40 【発明の属する技術分野】 本発明は、基板上に III族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型の発光素子に関し、特に高光度で、駆動電圧の低いフリップチップ型の発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 図7に、フリップチップ型の発光素子400の断面図を示す。101はサファイヤ基板、102はAlN又はGaNより成るバッファ層、103はn型のGaN層、104は発光層、105はp型のAlGaN層、106はp型のGaN層、120は正電極、130は保護膜、140は多層構造の負電極である。また、層106に接続されている厚膜の正電極120は、従来例えば、ニッケル (Ni) またはコバルト (Co) より成る膜厚3000 Åの金属層により形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】発光層104より放出された光をサファイヤ基板101の側に十分に反射させるために、通常フリップチップ型の正電極120には厚膜の金属電極を用いる。しかし、従来技術においては、この厚膜の正電極120にニッケル(Ni)やコバルト(Co)などの金属が用いられていたため、波長が380nm~550nm(青紫、青、緑)の可視光の反射量が十分ではなく、発光素子として十分な発光強度が確保できていなかった。

【0004】本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、高光度、低駆動電圧の発光素子を提供することである。また、他の目的は、高反射率かつ高耐久性の電極を形成することにより、発光素子の電極部分の構成を簡略化し、ワイヤボンディングの不要な発光素子を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。即ち、第1の手段は、基板上にII族窒化物系化合物半導体から成る層が積層されたフリップチップ型のIII族窒化物系化合物半導体発光素子において、p型半導体層に接続され、光を基板側へ反射する正電極を銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成することである。ただし、これらの金属または合金より形成される正電極の膜厚は、100Å以上、5μm以下であることが望ましい。

【0006】また、第2の手段は、上記の第1の手段において、正電極に複数の種類の金属より形成された多層構造を設けることである。ただし、この多層より成る正電極の内の少なくとも下位層(p型半導体層に比較的近い層)が、銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成されていれば、本発明の作用により本発明の効果を得ることができる。より望ましくは、最下位層を含んで正電極の下位1000Å以内に位置する正電極の各金属層の内の殆ど全ての層をそれぞれ上記の金属または合金より形成することが好ましい。

【0007】また、第3の手段は、上記の第1の手段または第2の手段において、p型半導体側層と正電極との間に、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る第1薄膜金属層を備えることである。

【0008】また、第4の手段は、上記の第3の手段において、第1薄膜金属層の膜厚を2Å以上、200Å以下とすることである。第1薄膜金属層の膜厚は、より望ましくは、5Å以上、50Å以下がよい。

【0009】また、第5の手段は、上記の第3の手段ま

または第4の手段において、第1薄膜金属層と正電極との間に、金(Au)または金(Au)を含んだ合金より成る第2薄膜金属層を備えることである。

【0010】更に、第6の手段は、上記の第5の手段において、第2薄膜金属層の膜厚を10Å以上、500Å以下とすることである。第2薄膜金属層の膜厚は、より望ましくは、30Å以上、300Å以下がよい。

【0011】また、第7の手段は、上記の第1乃至第6のいずれか1つの手段において、正電極の膜厚、又は、多層構造の正電極の基板に最も近い最下位層を構成する正電極第1層の膜厚を0.01~5μmとすることである。正電極第1層の膜厚は、望ましくは0.02~2μmであり、より望ましくは0.05~1μmである。

【0012】また、第8の手段は、上記の第1乃至第7のいずれか1つの手段において、正電極、又は、正電極第1層の上に金(Au)から成る正電極第2層を形成することである。

【0013】また、第9の手段は、上記の第8の手段において、正電極第2層の膜厚を0.1~5μmとすることである。正電極第2層の膜厚は、望ましくは0.2~3μmであり、より望ましくは0.5~2μmである。

【0014】また、第10の手段は、上記の第1乃至第9のいずれか1つの手段において、正電極、正電極第1層、又は、正電極第2層の上にチタン(Ti)、クロム(Cr)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金から成る正電極第3層を形成することである。

【0015】また、第11の手段は、上記の第10の手段において、正電極第3層の膜厚を5~1000Åとすることである。正電極第3層の膜厚は、望ましくは10~500Åであり、より望ましくは15~100Åである。

【0016】また、第12の手段は、上記の第1の手段において、正電極をロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)又はこれらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成し、かつ、この正電極をp型半導体層に直接接合することである。

【0017】また、第13の手段は、上記の第2、第10又は第11の手段において、正電極の多層構造をロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)又はこれらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成された正電極第1層と、正電極第1層の上に直接積層される、金(Au)より形成された正電極第2層と、正電極第2層の上に直接積層される、チタン(Ti)、クロム(Cr)又はこれらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より形成された正電極第3層の計3層より成る3層構造とし、正電極第1層をp型半導体層に直接接合することである。

【0018】また、第14の手段は、上記の第10又は第13の手段において、正電極第1層の膜厚を0.02~2μmとし、正電極第2層の膜厚を0.2~3μmとし、かつ、正電極第3層の膜厚を10~500Åとすることである。

【0019】更に、第15の手段は、上記の第10、第

11、第13又は第14の手段において、正電極第3層の上に、酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )、窒化珪素( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、チタン化合物( $\text{Ti}_x\text{N}_y$ 等)、或いは、ポリイミドなどから成る絶縁性保護膜を直接積層することである。以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

【0020】

【作用および発明の効果】銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)は、波長が380nm~550nm(青紫、青、緑)の可視光に対する光の反射率Rが非常に大きい金属( $0.6 < R < 1.0$ )であるため、これらの金属、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金を正電極、又は、正電極第1層に用いることにより、これらの可視光の正電極による反射量を十分大きくする事ができ、よって、発光素子として十分な発光強度を確保することができるようになる。

【0021】これらの正電極、又は、正電極第1層に用いられる金属元素の特性を纏めた一覧表を図6に示す。本一覧表については、後で詳しく説明するが、上記の5種類の金属元素は、これらの多面的な実験結果(図6)より、上記正電極、又は、正電極第1層に用いる金属として最も優れた元素であることが判っている。

【0022】例えば、上記の金属または合金は、仕事関数が高い等の理由により、p型半導体層との接触抵抗が小さいので、これらの金属を用いれば、同時に低駆動電圧の発光素子を実現することができる。また、上記の金属は、貴金属若しくは白金族元素であるため、これらの金属を用いれば、例えば水分等に対する経時的な耐蝕性が良好となり、信頼性の高い電極を形成することができるという効果も同時に得られる。

【0023】また、特に、ロジウム(Rh)は、反射率の面で若干銀(Ag)には劣るものの、その他の物性では、いずれも他の金属よりも優れた特性、若しくは、同等以上の特性を示すため、総合的に見れば、正電極又は正電極第1層に用いる金属元素としては、最適の材料である。

【0024】また、ルテニウム(Ru)は、物性上ロジウム(Rh)と酷似又は類似の性質を持つので、正電極、又は、正電極第1層に用いる金属元素としては、ロジウム(Rh)と略同様に良い材料である。

【0025】更に、第1薄膜金属層を設けることにより、正電極のp型半導体層に対する密着性が向上し、発光素子の構造をより強固にすることができる。この第1薄膜金属層の膜厚は、2Å以上、200Å以下が良い。この膜厚を2Å以下にすると膜厚が薄すぎて、十分な密着性を得ることができず、この膜厚を200Å以上にすると、膜厚正電極を形成する銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)またはこれらの合金の作用による高い反射率を得ることができなくなる。

【0026】また、第2薄膜金属層を設けることにより、正電極のp型半導体層に対する密着性が、より更に向上し、発光素子の構造をより一層強固にすることができる。この第2薄膜金属層の膜厚は、10Å以上、500Å以下が良い。この膜厚を10Å以下にすると、膜厚が薄すぎて強固な密着性を得ることができず、500Å以上にすると上記の金属または合金の作用による高い反射率を得ることができなくなる。

【0027】また、上記の正電極第1層の膜厚を0.01μm以上、5μm以下とする理由は、次の通りである。即ち、この膜厚を0.01μm以下にすると膜厚が薄すぎて、反射されない透過光を生じ、この膜厚を5μm以上にすると、電極形成に多大な時間を要することとなり、生産性の面で好ましくないためである。

【0028】また、金(Au)から成る正電極第2層を設けることにより、正電極の抵抗値を上げることなく膜厚の正電極とすることができる。また、正電極上に後工程で形成されるパンプ材、金ボール、或いは、ワイヤーボンディングの形成工程における熱履歴による特性への悪影響を防ぐためには、正電極の膜厚は少なくとも0.1μm以上とすることが望ましい。金(Au)は、形成が容易な耐蝕材であり、また、パンプ材、金ボール、或いは、ワイヤーボンディングとの接合強度が高いため、正電極第2層として非常に望ましい。

【0029】この正電極第2層の膜厚は、0.1μm以上5μm以下であることが望ましい。0.1μm以下にすると膜厚が薄すぎて効果が薄く、この膜厚を5μm以上にすると、電極形成に多大な時間を要することとなる。或いは、また、この膜厚を5μm以上にすると、第3実施例で後述するパンプ形成または金ボール形成等の加工工程における都合により、負電極の膜厚も不必要に厚くすることになり、好ましくない。

【0030】また、チタン(Ti)又はクロム(Cr)から成る正電極第3層を設けることにより、基板面の反対側に並ぶ正電極と負電極との間に、例えば酸化珪素膜( $\text{SiO}_2$ )、窒化珪素膜( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、或いはポリイミドから成る絶縁層を設けた際、絶縁層の正電極からの剥離を抑えることができる。これにより、パンプを形成する際に、パンプ材による短絡を防ぐことができる。この第3薄膜金属層の膜厚は、5Å以上、1000Å以下が良い。この膜厚を5Å以下にすると、膜厚が薄すぎて絶縁層との強固な密着性を得ることができず、1000Å以上にするとパンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着性を得ることができなくなるため、好ましくない。

【0031】以上のような構成により形成された多層構造の正電極は、光の反射率が高く、水分等の浸入に対しても耐久性が高いため、保護層を簡略化でき、結果ワイヤーボンディングを使用しないで外部電極と接続することも可能となる。

50 【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお、本発明は、以下の実施例に限定されるものではない。

(第1実施例) 図1に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子100の模式的断面図を示す。サファイヤ基板101の上には窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約200Åのパッファ層102が設けられ、その上にシリコン(Si)ドーパのGaNから成る膜厚約4.0 μmの高キャリア濃度 $n^+$ 層103が形成されている。

【0033】そして、 $n^+$ 層103の上にGa<sub>0.9</sub>NとGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>Nからなる多重量子井戸構造(MQW)の発光層104が形成されている。発光層104の上にはマグネシウム(Mg)ドーパのAl<sub>0.9</sub>Ga<sub>0.1</sub>Nから成る膜厚約600Åのp型層105が形成されている。さらに、層105の上にはマグネシウム(Mg)ドーパのGa<sub>0.9</sub>Nから成る膜厚約1500Åのp型層106が形成されている。

【0034】又、層106の上には金属蒸着による第1薄膜金属層111が、 $n^+$ 層103上には負電極140が形成されている。第1薄膜金属層111は、層106に接合する膜厚約10Åのコバルト(Co)またはニッケル(Ni)より成る金属層で構成されている。正電極120は、膜厚約3000Åの銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る金属層により構成されている。

【0035】多層構造の負電極140は、膜厚約175Åのパナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム(Al)層142と、膜厚約500Åのパナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144と膜厚約8000Åの金(Au)層145とを高キャリア濃度 $n^+$ 層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。また最上部には、SiO<sub>2</sub>膜より成る保護膜130が形成されている。上記のように、正電極120を銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る金属層により構成することにより、図3の表中の項番1、項番2に示す従来技術による半導体発光素子400よりも約10%~50%発光強度を向上することができた。

【0036】(第2実施例) 図2に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子200の模式的断面図を示す。本発光素子200は、第1実施例における発光素子100に第2薄膜金属層112を追加したものであり、その他の点では発光素子100となら変わっていない。この第2薄膜金属層112は、膜厚約150Åの金(Au)より成る金属層により構成されており、膜厚約10Åのコバルト(Co)またはニッケル(Ni)より成る第1薄膜金属層111を積層後、第1薄膜金属層

111と同様に金属蒸着により形成されたものである。この第2薄膜金属層112を第1薄膜金属層111と正電極120との間に形成することにより、より一層強固に正電極120を層106に接続することができる。

【0037】図3に、フリップチップ型の半導体発光素子100、200および400の性能比較表を示す。尚、この表には、第1実施例において、正電極120を銀(Ag)、或いは、ロジウム(Rh)で構成し、第1薄膜金属層111の構成を省略した、特に本発明の請求項1及び請求項12に該当する場合の実施例も合わせて掲載した(項番3、及び、項番3.1)。この表からも判るように、本発明による半導体発光素子100または200の構成によれば、正電極120を銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より成る金属層で形成することにより、発光強度を従来技術による半導体発光素子400(項番1、項番2)よりも約10%~50%向上することができる。

【0038】尚、項番1、2の発光素子400において、第1薄膜金属層が設けられていないのは、正電極120自身が、既に第1薄膜金属層の構成金属元素であるコバルト(Co)またはニッケル(Ni)により形成されているためであり、これにより、正電極120と層106との間の密着性が、既に十分確保されているためである。図3において正電極120がコバルト(Co)またはニッケル(Ni)により形成された発光素子400(項番1、項番2)の相対光度が低いのは、膜厚正電極120を構成する金属元素の反射率が小さいためであって、第1薄膜金属層111の有無は、図3における相対光度の優劣をもたらす要因とは成っていない。

【0039】むしろ逆に、銀(Ag)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金より正電極120を形成する場合には、図3の項番3と項番4とを比較しても判るように、第1薄膜金属層111または第2薄膜金属層112が無い方が、より大きな発光強度を得ることができる。即ち、このような構成によれば、正電極120と層106との間の密着性についてはいくらか劣るものの、発光光度の面ではより優れた値を示す。これは、第1薄膜金属層111または第2薄膜金属層112による光の吸収が無くなるためである。

【0040】また、特に、図3項番3.1の第1及び第2薄膜金属層を積層せずに、直接p型のGa<sub>0.9</sub>N層106の上に膜厚約3000Åのロジウム(Rh)より成る正電極120を形成した発光素子400では、項番8の発光素子200と略同量の光度と、同等以上に強固なGa<sub>0.9</sub>N層106との密着性を得ることができた。これは、ロジウム(Rh)の持つ高い反射率、及び、Ga<sub>0.9</sub>N層との強固な

密着性に依るものであり、項番3.1の発光素子400は、これらの両面で項番5の発光素子100よりも優れている。即ち、項番3.1の発光素子400を製造すれば、ロジウム(Rh)の持つ特性により、第1及び第2薄膜金属層を積層せずに、光度、密着性等が十分に良好な発光素子を提供できる。従って、この項番3.1の構成によれば、第1及び第2薄膜金属層の積層工程を省略して、生産性の高い、量産に最適な発光素子400を製造することも可能となる。

【0041】上記の実施例では、正電極120の膜厚は、約3000Åであったが、正電極120の膜厚は、100Å以上、5μm以下であれば良い。正電極120の膜厚が100Å未満だと、光を十分に反射することができなくなり、5μmを越えると、蒸着時間や材料が必要以上に掛かり生産コストの面で劣る。

【0042】また、上記の実施例では、第1薄膜金属層の膜厚は、約10Åであったが、第1薄膜金属層の膜厚は、2Å以上、200Å以下であればその効果を発揮する。第1薄膜金属層111の膜厚は、より望ましくは、5Å以上、50Å以下がよい。第1薄膜金属層111は、薄過ぎると層106と正電極120とを強く結合させることができなくなり、厚過ぎると光の吸収が起こり、発光光度が落ちる。

【0043】また、上記の実施例では、第2薄膜金属層の膜厚は、約150Åであったが、第2薄膜金属層の膜厚は、10Å以上、500Å以下であればその効果を発揮する。第2薄膜金属層112の膜厚は、より望ましくは、30Å以上、300Å以下がよい。第2薄膜金属層112は、薄過ぎると第1薄膜金属層111と正電極120とを強く結合させることができなくなり、厚過ぎると光の吸収が起こり、発光光度が落ちる。

【0044】また、上記の実施例では、正電極120は単層構造をしていたが、正電極120は、多層構造を備えていてもよい。層106、第1薄膜金属層111または第2薄膜金属層112の上から、例えば、膜厚約5000Åの銀(Ag)、膜厚約800Åのニッケル(Ni)、膜厚約8000Åの金(Au)を順次蒸着により積層することにより、膜厚約1.4μmの正電極を形成してもよい。このような構成によっても、正電極による反射効率の十分高い高光度の発光素子を得ることができる。

【0045】(第3実施例)図4に、本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子300の模式的断面図を示す。サファイヤ基板101の上には窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約200Åのパッパ層102が設けられ、その上にシリコン(Si)ドーブのGaNから成る膜厚約4.0μmの高キャリア濃度n<sup>+</sup>層103が形成されている。そして、層103の上にGaNとGa<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>Nからなる多重量子井戸構造(MQW)の発光層104が形成されている。発光層104の上にはマグネシウム(Mg)ドーブ

のAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nから成る膜厚約600Åのp型層105が形成されている。さらに、p型層105の上にはマグネシウム(Mg)ドーブのGaNから成る膜厚約1500Åのp型層106が形成されている。

【0046】また、p型層106の上には金属蒸着による多層構造を有する正電極120(以下、「多重正電極120」と言う場合がある。)が、n<sup>+</sup>層103上には負電極140が形成されている。多重正電極120は、p型層106に接合する正電極第1層121、正電極第1層121の上部に形成される正電極第2層122、更に正電極第2層122の上部に形成される正電極第3層123の3層構造である。

【0047】正電極第1層121は、p型層106に接合する膜厚約0.1μmのロジウム(Rh)又は白金(Pt)より成る金属層である。また、正電極第2層122は、膜厚約1.2μmの金(Au)より成る金属層である。また、正電極第3層123は、膜厚約20Åのチタン(Ti)より成る金属層である。

【0048】多層構造の負電極140は、膜厚約175Åのパナジウム(V)層141と、膜厚約1000Åのアルミニウム(Al)層142と、膜厚約500Åのパナジウム(V)層143と、膜厚約5000Åのニッケル(Ni)層144と膜厚約8000Åの金(Au)層145とを高キャリア濃度n<sup>+</sup>層103の一部露出された部分の上から順次積層させることにより構成されている。

【0049】このように形成された多重正電極120と負電極140の間にはSiO<sub>2</sub>膜より成る保護膜130が形成されている。保護層130は、負電極140を形成するために露出したn<sup>+</sup>層103から、エッチングされて露出した、発光層104の側面、p型層105の側面、及びp型層106の側面及び上面の一部、正電極第1層121、正電極第2層122の側面、正電極第3層123の上面の一部を覆っている。SiO<sub>2</sub>膜より成る保護膜130の正電極第3層123を覆う部分の厚さは0.5μmである。

【0050】上記のように、多重正電極120をロジウム(Rh)又は白金(Pt)より成る正電極第1層、金(Au)より成る正電極第2層、チタン(Ti)より成る正電極第3層により構成した、本発明による発光素子300の発光光度を測定し、従来の発光素子400と比較した。結果を図5に示す。ここから、従来技術による発光素子400と比較し、本発明により約30%~40%発光光度を向上することができた。

【0051】このような構成のフリップチップ型発光素子300は、高い発光光度と高い耐久性を持ち合わせており、保護層130を大幅に省略でき、外部電極との接続に際し、正電極、負電極とも広い面積を使用することができる。このため、ハンダ等によるバンプ形成や、直接正電極、負電極上での金ボール形成により、発光素子を反転させて回路基板に直接接続することも可能であ

る。或いは、また、外部電極との接続は、ワイヤボンディングなどによって実施しても良い。

【0052】尚、上記の第3実施例では、多重正電極120の膜厚は、約 $1.3\mu\text{m}$ であったが、この多重正電極120の膜厚は、 $0.11\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以下であれば良い。この多重正電極120の膜厚が $0.11\mu\text{m}$ 未満だと、光を十分に反射することができなくなり、パンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着が得られなくなる。一方、 $10\mu\text{m}$ を越えると、蒸着時間や材料が必要以上に掛かり生産コストの面で劣る。

【0053】また、上記の第3実施例では、正電極第1層121の膜厚は、 $0.1\mu\text{m}$ であったが、正電極第1層の膜厚は、 $0.01\sim 5\mu\text{m}$ であればその効果を発揮する。正電極第1層の膜厚は望ましくは $0.02\sim 2\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.05\sim 1\mu\text{m}$ である。正電極第1層121は、薄過ぎると光の反射が不十分となり、厚過ぎると蒸着時間や材料が必要以上に掛かり、生産コストの面で劣る。

【0054】また、第3実施例では、正電極第2層122の膜厚は、 $1.2\mu\text{m}$ であったが、正電極第2層の膜厚は、 $0.1\sim 5\mu\text{m}$ であればその効果を発揮する。正電極第2層122の膜厚は望ましくは $0.2\sim 3\mu\text{m}$ であり、より望ましくは $0.5\sim 2\mu\text{m}$ である。正電極第2層122は、薄過ぎると、パンプ材や金ボール等の接続部材との強固な密着が得られなくなる。一方、厚過ぎると負電極140のバランスをとる必要上、正電極第2層122と負電極140の両方で蒸着時間や材料が必要以上に掛かり、好ましくない。

【0055】また、第3実施例では、正電極第3層123の膜厚は、 $20\text{\AA}$ であったが、正電極第3層の膜厚は、 $5\sim 1000\text{\AA}$ であればその効果を発揮する。正電極第3層123の膜厚は望ましくは $10\sim 500\text{\AA}$ であり、より望ましくは $15\sim 100\text{\AA}$ である。正電極第3層123は、薄過ぎると保護層との密着性が悪くなり、厚過ぎると抵抗値が高くなり、好ましくない。

【0056】また、第3実施例では、正電極第3層としてチタン(Ti)を使用した。正電極第3層としては、チタン(Ti)、クロム(Cr)、または、これらの金属を少なくとも1種類以上含んだ合金を使用してもよい。

【0057】図6に、正電極、又は、正電極第1層に用いられる金属元素の特性を纏めた一覧表を示す。本一覧表の各評価項目①～⑥は、以下の通りである。

①反射率：発光層104からの所定量の発光に対する、波長が $380\text{nm}\sim 550\text{nm}$ （青紫、青、緑）の可視光の反射量による評価。

②接触抵抗（駆動電圧）：Ga<sub>x</sub>N層との接触抵抗に対する発光素子の駆動電圧による評価。

③Ga<sub>x</sub>N層との密着性：所定の耐久テストにおける不具合箇所の発生頻度による評価。

④耐蝕性：各元素の物性値、及び、性質による評価。

⑤Au積層後の特性安定性：発光素子300における金

(Au)より成る正電極第2層122積層後の駆動電圧の上昇、及び、上記可視光の反射量の劣化による評価。

⑥総合評価（商用量産可否）：発光素子の量産を前提とした、上記の評価項目①～⑤を基とする総合的考察による評価。

【0058】特に、フリップチップ型の化合物半導体発光素子の場合、上記の評価項目①、②における評価が共に良（○）以上であることが、製品としての必要条件となるため、本発明の有効性が、図6の一覧表より判る。

【0059】また、特に、ロジウム(Rh)は、①反射率の面で若干銀(Ag)には劣るものの、その他の評価項目②～⑤では、いずれも他の金属よりも優れた特性、若しくは、同等以上の特性を示しており、正電極、又は、正電極第1層に用いる金属元素としては、最適の材料であることが判る。

【0060】また、ルテニウム(Ru)は、物性上ロジウム(Rh)と酷似又は類似の性質を持つので、正電極、又は、正電極第1層に用いる金属元素としては、ロジウム(Rh)と略同様に良い材料である。

【0061】尚、上記の第1乃至第3実施例における発光素子の各層の構成は、あくまでも各層を形成する際の物理的または化学的構成であって、その後、より強固な密着性を得るために、あるいは、コンタクト抵抗の値を下げる等の目的で実施される例えば熱処理などのような物理的または化学的処理によって各層間では、固溶あるいは化合物形成が起きていることは言うまでもない。

【0062】また、上記の第1乃至第3実施例では、発光素子の発光層104はMQW構造としたが、発光層104の構造は、SQW構造やホモ接合構造でもよい。また、本発明の発光素子を形成するIII族窒化物系化合物半導体層はバッファ層を含み、これらの層は任意の混晶比の4元、3元、2元系の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{N}$  ( $0\leq x\leq 1$ ,  $0\leq y\leq 1$ ,  $0\leq x+y\leq 1$ )としても良い。

【0063】また、バッファ層には、上記のIII族窒化物系化合物半導体の他にも、窒化チタン(TiN)、窒化ハフニウム(HfN)等の金属窒化物や、酸化亜鉛(ZnO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)等の金属酸化物を用いてもよい。

【0064】また、p型不純物としては、マグネシウム(Mg)の他、ベリリウム(Be)、亜鉛(Zn)等の2族元素を用いることができる。また、これらがドーピングされたp型半導体層をより低抵抗にするためには、更に、電子線照射やアニーリングなどの活性化処理を行っても良い。

【0065】また、上記の実施例では、高キャリア濃度 $n^+$ 層103は、シリコン(Si)ドーピングの窒化ガリウム(GaN)より形成したが、これらのn型半導体層は、上記のIII族窒化物系化合物半導体に、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)等のIV族元素、又は、VI族元素をドーピングすることにより形成しても良い。

【0066】また、結晶成長の基板には、サファイヤの



他に、炭化珪素(SiC)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化マンガン(MnO)等を使用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子100の模式的断面図。

【図2】本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子200の模式的断面図。

【図3】フリップチップ型の半導体発光素子100、200、400の性能比較表。

【図4】本発明によるフリップチップ型の半導体発光素子300の模式的断面図。

【図5】フリップチップ型の半導体発光素子300、400の発光光度を示す表。

【図6】正電極、又は、正電極第1層に用いられる金属元素の特性を纏めた一覧表。

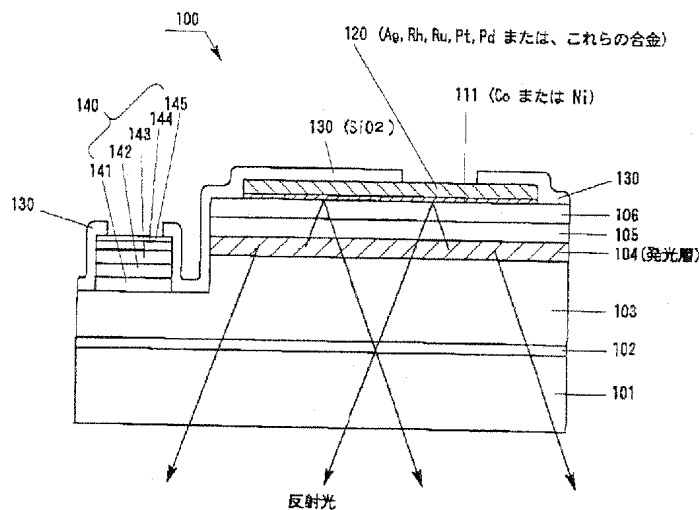
【図7】フリップチップ型の半導体発光素子400の模

\* 式的断面図。

【符号の説明】

- 101 … サファイヤ基板
- 102 … AlNバッファ層
- 103 … n型のGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N層
- 104 … 発光層
- 105 … p型のAlGa<sub>0.3</sub>In<sub>0.7</sub>N層
- 106 … p型のGa<sub>0.9</sub>In<sub>0.1</sub>N層
- 111 … 第1薄膜金属層
- 112 … 第2薄膜金属層
- 120 … 正電極
- 121 … 正電極第1層
- 122 … 正電極第2層
- 123 … 正電極第3層
- 130 … 保護膜
- 140 … 多層構造の負電極

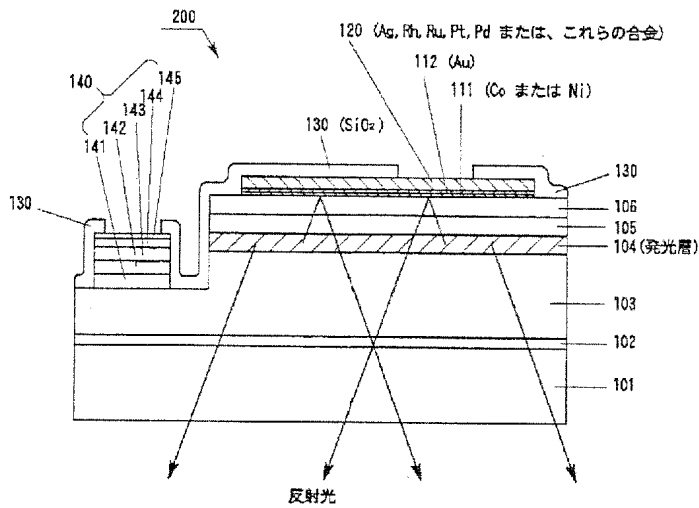
【図1】



【図5】

|     |    |     |
|-----|----|-----|
| 従来例 |    | 100 |
| 本発明 | Pt | 130 |
|     | Rh | 140 |

【図2】



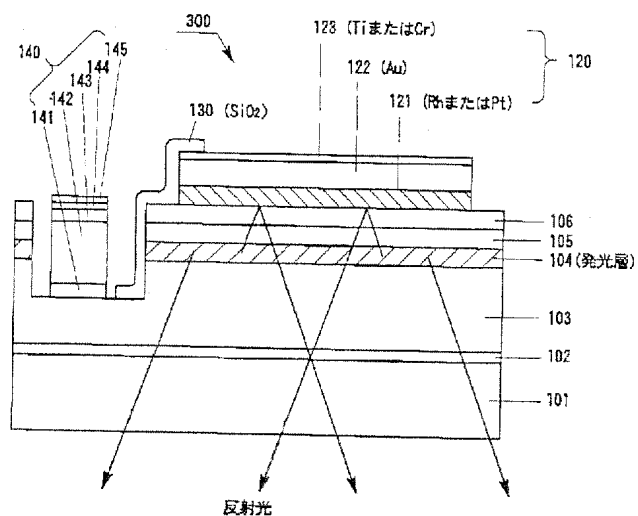
【図3】

発光強度測定結果

| 項目  | 技術区分 | 構造               | 正電極        | 第1薄膜金属層  | 第2薄膜金属層   | 相対光度 | 密着性 |
|-----|------|------------------|------------|----------|-----------|------|-----|
| 1   | 従来技術 | 発光素子 400<br>(図4) | Co (3000Å) | なし       | なし        | 100  | ◎   |
| 2   |      |                  | Ni (3000Å) | なし       | なし        | 100  | ◎   |
| 3   |      |                  | Ag (3000Å) | なし       | なし        | 150  | ○   |
| 3.1 | 本発明  | 発光素子 100<br>(図1) | Rh (3000Å) | なし       | なし        | 140  | ◎   |
| 4   |      |                  | Ag (3000Å) | Co (10Å) | なし        | 150  | ○   |
| 5   |      |                  | Rh (3000Å) | Co (10Å) | なし        | 130  | ○   |
| 6   |      |                  | Pt (3000Å) | Co (10Å) | なし        | 110  | ○   |
| 7   |      |                  | Pd (3000Å) | Co (10Å) | なし        | 110  | ○   |
| 8   |      | 発光素子 200<br>(図2) | Ag (3000Å) | Co (10Å) | Au (150Å) | 150  | ◎   |

◎ : 強固    ○ : 良好    ○<sup>-</sup> : やや劣るが特性としては問題なし

【図4】



【図6】

| 使用金属の<br>元素記号 | 評価項目  |                  |                 |                |                   |                    |
|---------------|-------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------|
|               | ① 反射率 | ② 接触抵抗<br>(駆動電圧) | ③ GaN層と<br>の密着性 | ④ 耐蝕性          | ⑤ Au積層後の<br>特性安定性 | ⑥ 総合評価<br>(商用量産可否) |
| Rh            | ◎     | ○ <sup>+</sup>   | ○ <sup>+</sup>  | ○ <sup>+</sup> | ○                 | ◎                  |
| Pt            | ○     | ○                | ○               | ○              | △                 | ○                  |
| Ru            | ○     | ○                | ○               | ○              | △                 | ○                  |
| Ag            | ◎     | ○                | △               | △              | △                 | ○ <sup>-</sup>     |
| Pd            | ○     | ○                | △               | ○              | △                 | ○ <sup>-</sup>     |
| Al            | ◎     | △                | △               | △              | ×                 | △                  |
| Ni            | △     | ○                | ○               | ○              | ○                 | △                  |
| Co            | △     | ○                | ○               | ○              | ○                 | △                  |
| Mg            | ○     | △                | ○               | ×              | △                 | △ <sup>-</sup>     |
| Sn            | ○     | ×                | ×               | △              | 未確認               | ×                  |

◎: 優 ○: 良 △: 可 ×: 不可 ○<sup>+</sup>: 良(○)よりもやや優れる ○<sup>-</sup>: 良(○)よりもやや劣る

【図7】

